ITEM 176 : RADIOPROTECTION

<table>
<tr><td colspan="2">Exposition aux rayonnements ionisants</td><td colspan="2">3 modes :
- Irradiation = exposition externe sans contact cutané
- Contamination externe = exposition externe par contact cutané
- Contamination interne : Pénétration de substances radioactives par :
. Inhalation
. Ingestion de substance radioactive
. Voie oculaire
. Voie percutanée
La majorité des expositions d'origine professionnelle sont des expositions externes</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Risques biologiques</td><td rowspan="2">Risques déterministes</td><td colspan="2">- Obligatoire : certitude d'apparition au-dessus d'un seuil > 200 mGy, gravité proportionnelle à la dose
- Survenue rapide après l'exposition, avec une phase de latence, liés à la mort cellulaire par effet toxique direct sur l'ADN (radiolyse de l'eau avec formation de radicaux libres oxydants)
- Traduction clinique spécifique pour des doses élevées (accidentelles ou en radiothérapie)
- Dépendent de la radiosensibilité des cellules (↗ par un nombre de mitoses élevées ou une faible différenciation) : moelle osseuse, muqueuses digestives et ORL, peau et gonades ++</td></tr>
<tr><td>Pathologie post-radique</td><td>- Hématologie : insuffisance médullaire
- Muqueuses digestives : diarrhées, vomissements, rectite, anite, œsophagite…
- Cutanée : radiodermite
- ORL : mucite, ostéonécrose mandibulaire, syndrome sec buccal
- Ophtalmo : cataracte ++, syndrome sec
- Gonades : stérilité
- Neuro : œdème cérébral avec HTIC
- Thorax : pneumopathie radique, coronarite
- Fœtus : microcéphalie, retard mental, cataracte, MFIU
- Décès : - DL50 (dose létale dans 50% des cas) corps entier = 4 à 5 Gy
- DL100 (dose létale dans 100% des cas) corps entier = 6 Gy</td></tr>
<tr><td>Risques probabilistes</td><td colspan="2">- Aléatoire ou stochastique : sans dose seuil, probabilité de survenue proportionnelle à la dose
- Irréversible, non spécifiques, d'apparition retardée
- Survenue à distance de l'exposition, liée à l'altération cellulaire par mauvaise réparation de l'ADN
- Exposition en Sievert (Sv) : risque démontré pour des doses > 100 mSv, inconnu en dessous
- Pathologie : leucémie, tumeur solide (osseuse, bronchique, thyroïde…)</td></tr>
<tr><td>Rayonnements ionisants</td><td colspan="3">- Alpha α : faible pénétration (cm) (protection : couche cornée de la peau, feuille de papier)
- Béta β : pénétration limitée (mètres) (protection : feuille d'aluminium, plexiglas)
- Gamma γ : pénétration importante (centaines de mètres) (protection : béton, acier, plomb)
- X : pénétration importante (centaines de mètres) (protection : béton, acier, plomb)
- Neutronique : pénétration importante (centaines de mètres) (protection : écrans de paraffine)</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Mesure de la dose</td><td>Gray</td><td colspan="2">= Mesure de l'énergie absorbée par le milieu pour les effets déterministes : 1 Gy = 1 Joule/kg
- En radiodiagnostic : rapporté à une surface (produit dose x surface PDS en mGy/cm^2), ou à une longueur (produit dose x longueur PDL en mGy/cm), ou index de dose scannographique (IDS)</td></tr>
<tr><td>Sievert</td><td colspan="2">= Mesure estimée de l'irradiation d'un tissu biologique pour les effets stochastiques
- Dose équivalente = pondérée selon un facteur W_R lié au pouvoir irradiant du rayonnement : rayons α (les plus irradiants) > neutrons et protons > rayons X et γ (= facteur 1)
- Dose efficace : somme des doses équivalentes pondérées par un facteur tissulaire W_T, pour estimer les vraies conséquences biologiques, avec sommes de W_T (irradiation corps entiers) = 1</td></tr>
<tr><td>Becquerel</td><td colspan="2">= Mesure de l'activité d'une source radioactive : 1 Bq = 1 désintégration d'atome/seconde</td></tr>
<tr><td>Définition</td><td colspan="3">- Activité : émission de rayonnements par une substance radioactive
- Période radioactive : durée au bout de laquelle le nombre de noyaux instables dans un échantillon radioactif décroît de moitié
- Exemples :
. 8 jours pour l'iode 131
. 5737 ans pour le carbone 14
. 4 milliards d'années pour l'uranium 238</td></tr>
</table>

Origine	= **3,7 mSv/an** en moyenne : 2/3 d'origine naturelle et 1/3 d'origine artificielle	
	Naturelle (2/3)	= 1 à 3 mSv/an en moyenne : variable selon les lieux d'habitation - Origine : **cosmique, tellurique, liée au radon** (1/3 de l'exposition), **aliments** et **boissons, isotope ^{40}K, uranium**
	Artificielle (1/3)	= 1 mSv/an en moyenne : nombreuses disparités selon les individus - Origine : 90% médical (radiodiagnostic, interventionnel, radiothérapie, médecine nucléaire), ou accidentelle (Tchernobyl…), essais nucléaires (ex : plutonium), industrie nucléaire (< 1%)… - Exemple : **RP = 0,05 mSv**, **mammographie = 0,5 mSv**, **PET-scan = 15 mSv**, **scanner corps entier = 20 mSv**
Radioprotection	**Secteurs d'activités concernés**	→ **Secteur médical** : radiothérapie, radiodiagnostic, médecine nucléaire → **Industrie nucléaire** : traitements des déchets, combustible → **Secteurs industriels** : conservation des aliments, contrôle de soudure → **Laboratoires de recherche et d'analyse**
	Institut de Radio-protection et de Sûreté Nucléaire (IRSN)	= Chargé de couvrir les risques liés aux rayonnements ionisants : - Sûreté de l'ensemble des installations nucléaires - Protection de l'homme et de l'environnement - Sûreté des transports de matières radioactives - Protection et contrôle des matières nucléaires - Recherche dans le cadre de programmes européens ou internationaux
	Principes de radio-protection	= Di ctés par les directives **EURATOM** (communauté européenne de l'énergie atomique) - **Justification** : bonne indication des procédés utilisant les rayons ionisants (bénéfice > risque radiologique - **Optimisation** : des paramètres à dose optimale nécessaire (principe **ALARA** : as low as reasonably achievable) - **Limitation des doses** : peu applicable en médecine (niveaux de référence diagnostique…), éviter les effets déterministes, réduire les effets stochastiques
	Acteurs	- Personne compétente en radioprotection (sur chaque site à risque), médecin du travail, CHSCT - Organismes : - **Commission internationale de protection radiologique (CIPR)** - **Autorité de sûreté nucléaire (ASN)** - **Agence européenne pour la santé et la sécurité au travail** - **Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN)**
Radioprotection	Limites d'exposition artificielle	Pour le public : **1 mSv/an** Pour les travailleurs (classement du personnel par l'employeur après avis du médecin du travail) : - **Catégorie B** (possiblement exposé à un rayonnement) et **étudiants** : **< 6 mSv/an**, mesuré par **dosifilm** → Permet l'accès aux **zones surveillées** - **Catégorie A** (exposition direct aux rayonnements) : **< 20 mSv/an** et **1 Sv/vie entière** mesuré par **dosifilm** et **dosimètre électronique** (débit de dose, surtout en radio-interventionnelle et radiothérapie) → Permet l'accès aux **zones contrôlées** → Reclassement temporaire jusqu'à la fin de l'année si la dose dépasse 20 mSv avant 12 mois
	Mesures collectives (INRSN)	- Autorisation d'installation et d'utilisation des sources - Contrôles réguliers - Protection des sources (blindage, écran, personnels à distance…) - Filières sécurisées de transport et de traitement des déchets - Information concernant la source à l'inspection du travail
	Application	- Attention avec les femmes enceintes - En cas **d'allaitement** : retrait du poste si risque de contamination interne - Privilégier les examens non ou moins irradiants - Respect des principes de radioprotection : limitation, justification, optimisation - Mesures de diminution de l'exposition : ↗ la distance par rapport à la source, ↘ le temps d'exposition, diaphragmer les faisceaux, protections plombées (écrans, tabliers, gants, cache thyroïde, lunettes) - Surveillance du personnel par **dosimétrie** (porté sous la protection plombée) - **Fiche d'exposition** en médecine du travail - Surveillance des locaux, signalisation des zones surveillées ou contrôlées - Rédaction de protocoles d'examen - Information des maladies, notification systématique des doses reçues - Nomination de la personne compétente en radioprotection - Formation continue du personnel, évaluation régulière et contrôle qualité

<table>
<tr><td rowspan="5">Surveillance du personnel exposé</td><td colspan="3">= Par le médecin du travail et la personne compétente en radioprotection</td></tr>
<tr><td>Visite de pré-embauche</td><td colspan="2">- Antécédents : cancer (leucémie), dysmyélopoïèse, traitement par radiothérapie ou curiethérapie, troubles neuropsychiatriques, cataracte, dysthyroïdie, autres expositions
- Pour les femmes : grossesse, moyen de contraception, ménopause
- Information des risques et des moyens de radioprotection
- Bilan biologique : NFS
- Classement selon l'exposition en catégorie A ou B après rédaction de la fiche de poste
- Fiche d'exposition : type de travail, nature du rayonnement, période d'exposition, présence de risques associés (biologiques, chimiques ou physiques)</td></tr>
<tr><td>Suivi</td><td colspan="2">- Remise de la carte de personne exposée
- Remise du dosifilm passif nominatif (de poitrine, d'extrémité) si catégorie B
- Remise du dosifilm passif nominatif et de dosimètre opérationnel si catégorie A
- Changement mensuel ou trimestriel du dosifilm passif
- Suivi annuel si catégorie A
- Fonds d'œil réguliers : cataracte post-radique (risque important en radio-interventionnel)
- Maladie post-exposition = cataracte, leucémie, trouble hématologique chronique : tableau n°6 des maladies professionnelles du Régime général de la Sécurité Sociale et tableau n°20 des maladies professionnelles du Régime agricole
- Continuer la surveillance après le départ de l'entreprise</td></tr>
<tr><td>Dossier médical spécial</td><td colspan="2">- Conservé pour une durée de 50 ans
- Contient : fiche de poste, dosimétrie, certificat d'aptitude (remis à chaque visite), fiche d'exposition</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Femmes enceintes</td><td colspan="3">➙ Limiter l'irradiation du fœtus à 1 mSv (valeur de l'irradiation naturelle)
- Irradiation < 100 mSv : aucun risque démontré
- Irradiation > 200 mSv : risque tératogène prouvé ➙ proposer une interruption thérapeutique de grossesse</td></tr>
<tr><td>Risque</td><td colspan="2">- J0 à J9 = loi du tout ou rien : fausse couche spontanée ou absence de toxicité
- J9 à S9 : majoration du risque malformatif
- S9 à M9 : majoration du risque de cancer de l'enfant et de retard mental</td></tr>
<tr><td>Examen irradiant</td><td colspan="2">- Limiter l'usage des examens diagnostiques irradiants, préférer l'échographie ou l'IRM
- Application d'un tablier plombé sur le pelvis (discuté)</td></tr>
<tr><td>Poste à risque</td><td colspan="2">- Etude de poste : risque avéré (préparation de PET-scanner, radiologie interventionnelle) ou absent (T^{99m})
- Aucune éviction systématique (à discuter selon le poste) : changement de poste à la demande
- Aucune tâche exposant à un risque de contamination interne (sources non scellées)
- Interdiction de travailler en catégorie A</td></tr>
<tr><td rowspan="7">Accident</td><td colspan="3">- Contacter le personnel compétent en radioprotection et l'IRSN</td></tr>
<tr><td>Arrêter l'exposition</td><td colspan="2">- Isoler la zone contaminée et évacuer les personnes exposées (par les personnels de catégorie A, habilités et formés)
- Différencier : - Irradiation externe : le patient a été exposé mais n'est plus radioactif
- Contamination interne : la source d'irradiation se déplace avec le patient
- Décontamination si nécessaire (si contamination cutanée, aérienne…)
➙ La décontamination doit précéder l'entrée du patient dans le système de soin (sauf urgence vitale)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Effets</td><td>Exposition corps entier</td><td>- 0,25 à 1 Gy : nausées, légère chute des leucocytes
- 1 à 2,5 Gy : vomissements, modification nette de la NFS
➙ 2,5 à 5 Gy : dose mortelle dans 50% des cas
- 5 à 10 Gy : aplasie médullaire
- > 10 Gy : fibrose pulmonaire, lésions intestinales et neurologiques</td></tr>
<tr><td>Exposition localisée</td><td>- 1 à 10 Gy : érythème, desquamation cutanée, alopécie transitoire
- 10 à 20 Gy : brûlure cutanée avec épidermite exsudative, fibrose tardive
- > 20 Gy : brûlure profonde, nécrose hyperalgique sans tendance à la cicatrisation, réactivation cyclique des lésions</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Victimes</td><td colspan="2">= Surveillance cinétique de longue durée, clinique et biologique (NFS), si besoin en milieu hospitalier spécialisé (chambre plombée)
- Evaluation de la dose reçue et du type de rayonnement
- Phase prodromique : troubles digestifs
- Phase de latence
- Phase critique : pancytopénie, lyse cellulaire avec défaillance multiviscérale</td></tr>
<tr><td>PEC</td><td>- Discuter l'administration de chélateur ou antagonistes des radioéléments (iode stable, bleu de Prusse (pour le césium 137)…)
- Filière spécifiques d'évacuation des selles et des urines
± Déclaration de l'accident de travail avec certificat médical initial descriptif</td></tr>
<tr><td>Dans un 2nd temps</td><td colspan="2">- Décontamination de la zone par un personnel spécialisé
- Reconstitution de l'accident (prévention des récidives)</td></tr>
<tr><td colspan="3">➙ Déclaration obligatoire des événements significatifs de radioprotection (ESR) : à l'ARS et à l'ASN</td></tr>
</table>